

Metodología para la realización de estudios de drenaje a nivel predial

Methodology for Drainage Studies at a Farm Level

Alfonso Ortegón V.¹

Resumen

El objetivo del drenaje agrícola es la eliminación de los excesos de humedad tanto de la superficie del terreno como del perfil del suelo, con el fin de mantener condiciones en el suelo que garanticen una buena producción de los cultivos. El drenaje adecuado mejora la aireación y la estructura del suelo, proporciona a las plantas más humedad aprovechable y elementos nutritivos, favorece los procesos microbiológicos del suelo, facilita las labores mecanizadas, reduce la incidencia de malezas, plagas y enfermedades y permite el lavado de sales en exceso. En la realización de un estudio detallado de drenaje agrícola es necesario analizar la topografía, la precipitación, los cultivos, el funcionamiento de los drenajes existentes, el sistema de riego, las propiedades físicas del suelo, el comportamiento del nivel freático a través del tiempo, la conductividad hidráulica, la calidad del agua de riego y la salinidad del suelo. Un buen diagnóstico del problema de drenaje y salinidad debe permitir determinar los sectores afectados por niveles freáticos superficiales, los sectores sometidos a inundaciones o encharcamientos prolongados, los sectores afectados por salinidad, los factores determinantes que originan o agudizan los problemas detectados y presentará las recomendaciones encaminadas a solucionar los problemas detectados.

Summary

The objective of the agricultural drainage is the elimination of moisture excess, both in the surface of the soil and in the land profile, in order to maintain in the land conditions that guarantee a good production of the crops. The adequate drainage increases the soil aeration and structure, it provides the plants with more usable moisture and nutritive elements, and it stimulates the soil microbiological processes, facilitates the mechanical tasks, reduces the incidence of scrubs, pests and illnesses, and allows washing of excess of salts. In the realization of a detailed agricultural drainage study, it is necessary to analyze the topography, the precipitation, the crops, the behavior of the existing drainages, the irrigation system, the soil physical properties, the behavior of the subsurface level through time, the hydraulic conductivity, the quality of the irrigation water and the salinity of the soil. A good diagnosis of the drainage and salinity problem must determine the affected sectors by superficial phreatic levels, the sectors subject to prolonged flooding or swamping, the sectors affected by salinity, the determinant sectors that originate or increase the problems detected and will present recommendations in order to solve the problems detected.

Palabras Clave

Drenaje,
Nivel freático,
Sistemas de drenaje.

1. Ingeniero Agrícola.

Nota: Este artículo se publica "sin editar", la responsabilidad de los textos es del autor.

Introducción

El objetivo del drenaje agrícola es la eliminación de los excesos de humedad tanto de la superficie del terreno como del perfil del suelo, con el fin de mantener condiciones en el suelo que garanticen una buena producción de los cultivos.

El drenaje adecuado produce beneficios en los siguientes aspectos:

Aumenta la aireación del suelo. La humedad excesiva dificulta el intercambio del anhídrido carbónico del suelo, producido por las raíces y otros organismos, por oxígeno de la atmósfera.

Mejora la estructura del suelo. En áreas donde existe un nivel freático superficial es común encontrar que la estructura de la capa arable está deteriorada, es compacta y adherente. En suelos bien drenados el agrietamiento y la aireación promueven un aumento del espacio poroso, especialmente del porcentaje de macroporos.

Proporciona a las plantas más humedad aprovechable y elementos nutritivos. Una buena aireación y contenidos adecuados de humedad en el perfil del suelo, estimulan el crecimiento y desarrollo de las raíces en todas las direcciones. El sistema de raíces resultante está en capacidad de explotar un amplio volumen de suelo para la obtención de agua y nutrientes.

Mejora los procesos microbiológicos. Buenas condiciones de aireación y de drenaje favorecen los procesos promovidos por las bacterias, hongos y otros micro y macroorganismos del suelo. La fijación de nitrógeno y la nitrificación por microorganismos son dos de los principales procesos aerobios que determinan el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Facilita las labores mecanizadas del suelo. Trabajar el suelo a contenidos de humedad mayores de capacidad de campo puede originar la destrucción de sus agregados, lo que dará lugar a un suelo compactado. Tales suelos son extremadamente duros cuando secos, y masivos cuando húmedos.

Reduce la incidencia de malezas, plagas y enfermedades.

Permite el lavado de sales en exceso. Altas concentraciones de sales solubles en la humedad del suelo de la zona de raíces perjudican el

desarrollo de las plantas porque dificultan la absorción de agua y de elementos nutritivos. Los excesivos contenidos de sodio en el complejo de cambio del suelo afectan las condiciones físicas del suelo por la dispersión de las partículas de arcilla. Si la tierra es salina se puede recuperar con una buena combinación de riego y drenaje, si el problema es el sodio el drenaje permite el lavado de los suelos después de la aplicación de enmiendas químicas.

Diagnóstico del problema de drenaje

En la realización de un estudio detallado de drenaje agrícola es necesario analizar los siguientes aspectos:

- Topografía
- Precipitación (análisis de frecuencia)
- Cultivos
- Funcionamiento de los drenajes existentes (canales, zanjones y ríos)
- Sistema de riego, láminas, eficiencias y frecuencia
- Estratigrafía del suelo
- Conductividad hidráulica
- Comportamiento del nivel freático a través del tiempo
- Calidad del agua de riego
- Salinidad del suelo.

Topografía

Dependiendo del área del predio se requieren mapas planimétricos y altimétricos con escalas entre 1:2.000 y 1:30.000, con curvas de nivel cada 0,25 metros o menos si se trata de terrenos muy planos. Los planos deben ser actualizados y contener toda la información importante: división de lotes, callejones, ríos, canales colectores, acequias y construcciones.

La topografía del predio servirá para definir aspectos tan esenciales como: ubicación de los puntos de observación del nivel freático, trazado y pendiente de los canales colectores y zanjones a recomendar, máxima longitud de los drenajes laterales, selección de la salida del drenaje, etc.

Precipitación y evaporación

Es indispensable disponer de información de lluvias diarias ocurridas durante el período de

estudio en el área de estudio. Para realizar análisis estadísticos de intensidad, frecuencia y duración de las lluvias se requieren datos pluviométricos para varios años, en caso de no tener esta información se deben utilizar registros de estaciones climatológicas cercanas al predio.

Cultivos

El cultivo determinará el grado de drenaje requerido y el tipo de drenaje que será instalado. La susceptibilidad al exceso de humedad depende también de la fase de desarrollo del cultivo; la mayoría de los cultivos son más susceptibles durante la germinación, durante el primer mes de su ciclo y durante la fase reproductora.

En la caña de azúcar los niveles freáticos superficiales y encharcamientos de la superficie del terreno, agudizan el riesgo de compactación del suelo y daños en las cepas durante la cosecha y retraso o imposibilidad de realizar labores mecanizadas en la próxima soca, lo que incide en la disminución apreciable de la producción en la siguiente cosecha.

En palma de aceite los encharcamientos dificultan las labores de cosecha y favorecen la proliferación de plagas y enfermedades, los niveles freáticos superficiales (0,00 a 0,50 m) inciden en la compactación de las calles de cosecha debido al tránsito de las carretas de recolección del fruto.

En la Tabla 1 se indica la profundidad de penetración media de algunos cultivos en suelos bien drenados y con un suministro de humedad adecuado. El volumen de raíces disminuye con la profundidad, cerca del 70 % se encuentra en los primeros 30 – 50 centímetros del perfil del suelo.

Ensayos realizados por Cenicaña mostraron que en los suelos del Valle del Cauca producciones de caña de azúcar no se afectan sustancialmente con niveles freáticos a profundidades de 1 metro.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de las producciones obtenidas en diversos cultivos a diferentes profundidades del nivel freático en un experimento a largo plazo realizado por Van Hoorn (1958) en Holanda en suelos arcillosos.

Funcionamiento de los drenajes existentes

Durante el reconocimiento del área se debe analizar detalladamente el estado de la red de drenaje existente (cursos de agua naturales, colectores abiertos, drenes entubados y zanjas superficiales).

Sistema de riego

Se debe determinar si el sistema de riego, las láminas aplicadas y las frecuencias utilizadas son las adecuadas, o por el contrario están contribuyendo a generar problemas de drenaje superficial y/o interno.

Tabla 1 Profundidad media de penetración de las raíces de los cultivos en condiciones óptimas de humedad del suelo

Cultivos	Profundidad (m)
Bulbos, cebolla, lechuga	0,30 - 0,50
Pastos, coles, espinacas, judías, fresas, papas, zanahoria, berenjenas.	0,60
Pimientos, calabazas	0,60 – 0,90
Coco, palma de aceite, palma dactilera	0,60 – 1,20
Algodón, habas	1,20
Maíz, lino, cereales, remolacha azucarera	1,50 – 1,80
Alfalfa, sorgo, caña de azúcar, frutales	1,50 – 1,80

Tabla 2 Nivel freático y producción agrícola

Cultivos	Rendimiento relativo (%) de grano, raíces o tubérculos a diferentes profundidades de la capa freática (cm)				
	40	60	90	120	150
Trigo	58	77	89	95	100
Cebada	58	80	89	95	100
Avena	49	74	85	99	100
Judías	79	84	90	94	100
Alcaravea	80	96	98	100	100
Colza	79	95	95	98	100
Remolacha azucarera	71	84	92	97	100
Papa	90	100	95	92	96

La aplicación de riego por superficie en áreas no niveladas puede ocasionar graves encharcamientos en sectores depresionados (bateas) y déficit de humedad en los sectores altos (lomos). El riego por surcos puede generar erosión de la capa más fértil del suelo y además problemas de sedimentación y colmatación de las zanjas superficiales y canales colectores.

En caso de existir reservorios para almacenar agua para riego se deben evaluar posibles filtraciones que recarguen el nivel freático de los sectores adyacentes.

Estratigrafía del suelo

El estudio debe proveer una visión espacial completa de la textura, color y espesor de los estratos del perfil del suelo hasta al menos dos metros de profundidad. Igualmente se deben detectar la presencia y profundidad de capas impermeables y de capas de grava y arena. La descripción cuidadosa del perfil del suelo permite la identificación de capas de suelo someras endurecidas o muy arcillosas que pueden restringir el flujo vertical del agua y generar niveles freáticos "colgados" o al contrario estratos confinados que al ser perforados permiten ascensos fuertes del agua, fenómeno conocido como artesianismo o subpresión.

Conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica es la medida del flujo del agua a través de los poros del suelo. Se representa por la letra K, sus unidades más frecuentes son m/día o cm/día. Su valor se emplea para calcular el espaciamiento entre drenes.

La conductividad hidráulica de estratos por debajo de la capa freática se mide directamente en el sitio por el método del agujero de barreno. El procedimiento requiere la perforación de un pozo de un diámetro de aproximadamente 10 centímetros, se espera hasta que el nivel del agua se estabilice en el agujero, se anota la profundidad del nivel freático, luego se extrae el agua de él y se mide la recuperación. Las medidas se hacen a intervalos de tiempo regulares de acuerdo con la velocidad de recuperación.

En la Figura 1 se indica el procedimiento para calcular el valor de K con base en la prueba del

pozo. La relación entre K y la velocidad de recuperación del agua en el pozo se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$K = C \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

El valor de C es función de y, H, r y S. Se calcula mediante el uso de nomogramas o con base en las siguientes fórmulas:

a) $S=0$;

$$C = \frac{3.600 r^2}{(H+10 r)(2 - \frac{Y}{H}) Y}$$

b) $S>1/2H$

$$C = \frac{4.000}{\left(\frac{H}{r} + 20\right) \left(2 - \frac{Y}{H}\right)} \left(\frac{r}{Y}\right)$$

Con los valores obtenidos se confecciona el plano que permite sectorizar el área para cálculo de los espaciamientos entre drenes.

PROYECTO _____ TRABAJO _____ PRUEBA DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA _____ FECHA _____ EJEC. POR _____

DATOS

N F = _____ cm.
D = _____ cm.
d = _____ cm.
W' = _____ cm.
D' = _____ cm.
H = D' - W' = _____ cm.
Y₀ = H / 4 = _____ cm.
Y_{0'} = W' / 4 = _____ cm.
Y_{n'} = Y_{0'} - Y₀ / 4 = _____ cm.

GRAFICO

CLASIFICACION

1	MUY LENTA	≤ 0.03 m/día
2	LENTA	0.03-0.12
3	MOD. LENTA	0.12-0.50
4	MODERADA	0.50-1.50
5	MOD. RAPIDA	1.50-3.00
6	RAPIDA	3.00-4.50
7	MUY RAPIDA	> 4.50 m/día

LECTURAS

T seg	Yi cm	T seg	Yi cm

CONDICIONES
3 cm ≤ r ≤ 7 cm
20 cm ≤ H ≤ 200 cm
Δy ≤ 1/4 y₀
y ≥ 0.2 H

CALCULOS

Y₀ = Y_{0'} - W' = _____ cm _____ cm _____ cm
ΔY = Y_{0'} - Y_{n'} = _____ cm _____ cm _____ cm
ΔT = T_{n'} - T_{0'} = _____ seg _____ seg _____ seg
Y = Y₀ - ΔY / 2 = _____ cm _____ cm _____ cm
H = _____ cm
Y = _____ cm

NOMOGRAMA → C = _____
ΔY / ΔT = _____

CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA EN EL P N° _____

K = C x ΔY / ΔT = _____ x _____ = _____ m/día

Figura 1

Cálculo de la conductividad hidráulica

Comportamiento del nivel freático a través del tiempo

Para efectuar las mediciones de la profundidad del nivel freático se utilizan los pozos de observación y las baterías de piezómetros.

Los freatímetros

Generalmente para instalar los pozos de observación se usan tubos de PVC cuya longitud puede variar entre 2 y 3 metros y se perforan o ranuran en aproximadamente $\frac{3}{4}$ de su longitud para facilitar la entrada y salida del agua. Los pozos se instalan en perforaciones hechas con barreno de diámetro ligeramente superior al tubo, el espacio entre la pared del tubo y la pared del agujero se rellena con gravilla hasta aproximadamente 30 centímetros de la superficie del terreno y posteriormente se rellena con arcilla compactada la parte superior.

Sí durante el proceso de descripción de los suelos se apreciaron fenómenos de niveles colgados o de subpresiones es conveniente utilizar baterías de piezómetros. Como piezómetros se recomienda usar tubos de hierro galvanizado de $\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ de pulgada de diámetro, generalmente cada batería consta de tres piezómetros que se instalarán de acuerdo a las profundidades a las que se observó el fenómeno.

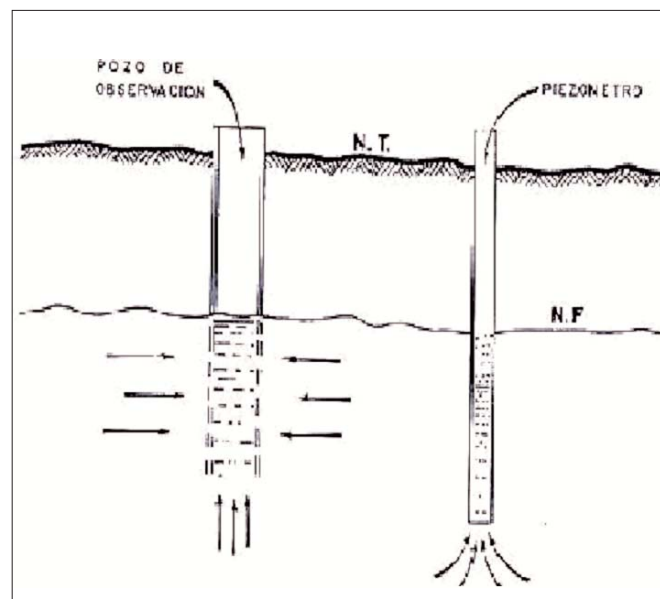


Figura 2 Esquema de pozo de observación y piezómetro

En la Figura 2 se presenta un esquema que permite diferenciar un pozo de observación y un piezómetro. Se observa que al pozo le penetra agua por el extremo inferior y a través de la mayor parte de su longitud, al piezómetro únicamente le entra agua por su extremo inferior.

La profundidad del nivel freático determinado con un pozo de observación es la lectura del nivel del agua tomado en él; en caso de tomar medidas con ayuda de una batería de piezómetros la profundidad del nivel freático se debe interpretar a partir de las lecturas de los tubos que componen la batería.

La realización de un diagnóstico acertado del comportamiento del nivel freático exige que las observaciones se efectúen durante al menos un período de verano (sequía) y uno de invierno (lluvias).

Ubicación de los freatímetros

Como regla general se recomienda la instalación de un freatímetro por cuatro hectáreas, buscando un cubrimiento de toda el área, e intensificar en los sectores donde el reconocimiento de campo y el análisis del plano topográfico prevengan sobre la existencia de problemas.

Cada freatímetro debe quedar muy bien identificado en el campo y ubicado en el plano mediante coordenadas, además es necesario determinar su cota.

Como ejemplo de diagnóstico de los problemas de niveles freáticos se presentará la información obtenida del estudio de drenaje que en la actualidad se realiza en la plantación Palmas del Casanare, ubicada en el municipio de Villanueva, departamento de Casanare (Figura 3).

Lectura de los freatímetros

La persona encargada de tomar las lecturas debe ser adiestrada de manera que se garantice la confiabilidad de las medidas. La periodicidad de las lecturas debe estar entre 8 y 15 días dependiendo de las recargas. Los datos de lecturas de las profundidades del nivel del agua en los freatímetros para cada fecha se debe registrar adecuadamente y anotar la cota (altura) del nivel del terreno de cada sitio donde se instalen los freatímetros.

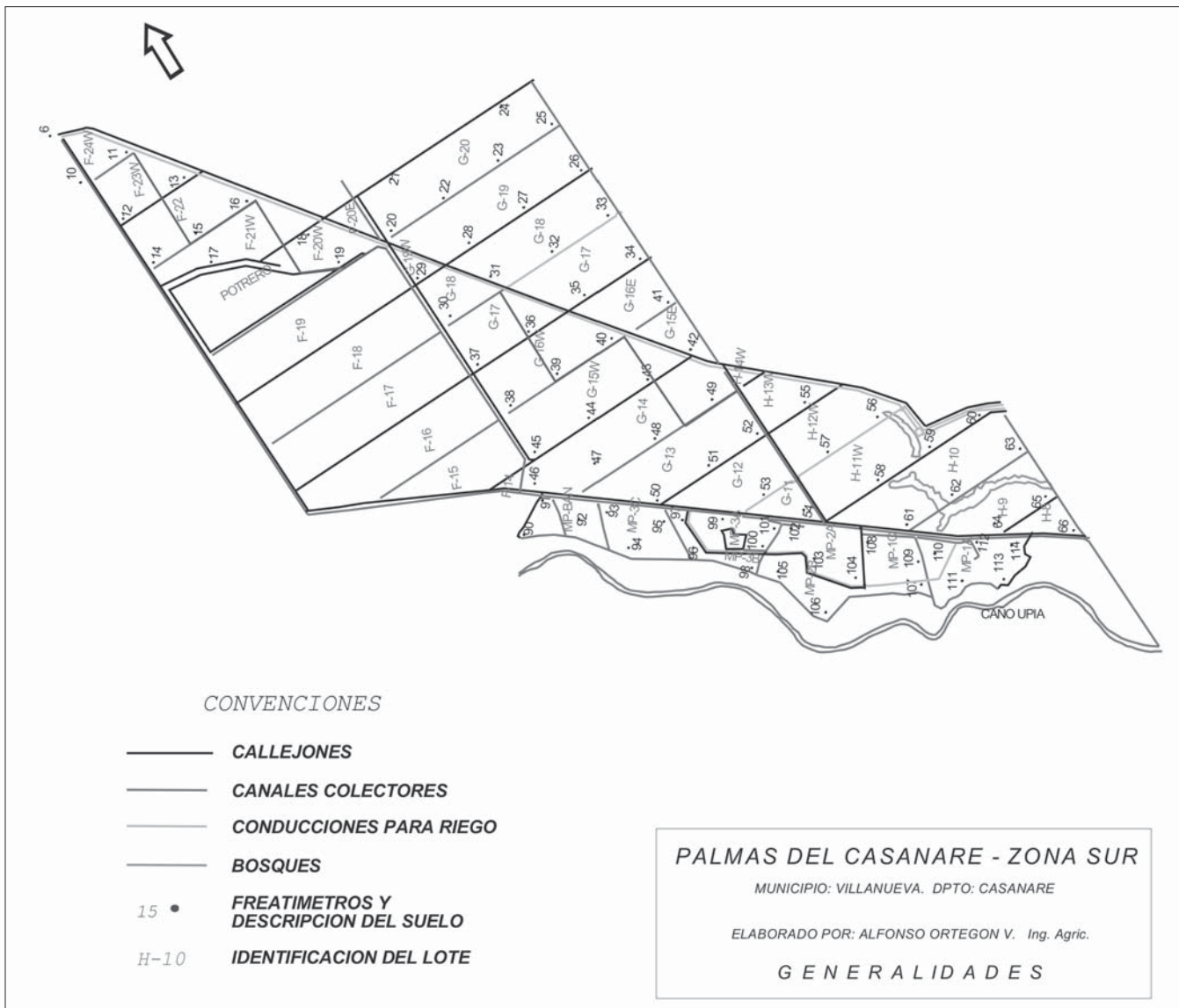


Figura 3 Estudio de drenaje agrícola

Elaboración de los mapas y figuras del nivel freático

Con base en la información de los niveles del agua en los freatómetros se deben elaborar mapas de profundidades del nivel freático o isobatas, de alturas del nivel freático o isohipsas e hidrogramas de niveles freáticos y de lluvias.

Mapas de isohipsas. Los mapas de isohipsas o curvas de igual cota del nivel freático permiten conocer la dirección del flujo freático, su gradiente hidráulico, las zonas de recarga y de descarga del área. Las cotas del nivel freático se

calculan para cada sitio restando de la cota de la superficie del terreno la profundidad del nivel freático respectivo.

Mapas de isobatas. Los mapas de isobatas o curvas de igual profundidad del nivel freático son de gran importancia porque permiten delimitar las áreas que requieren drenaje, es decir aquellas zonas que permanecen afectadas por niveles freáticos superficiales durante períodos prolongados.

En los mapas los rangos de profundidades del nivel freático se indican por colores así:

Profundidades del nivel freático (m)	Color
0,00 a 0,50	Rojo
0,50 a 0,80	Anaranjado
0,80 a 1,00	Amarillo
1,00 a 1,50	Verde claro
1,50 a 2,00	Verde oscuro
Mayor de 2,00	Azul

En la Figura 4 se presentan los mapas de isobatas e isohipsas de un predio para dos fechas con condiciones muy diferentes en lo referente a recargas por lluvias, en abril de 2002. Se aprecia una diferencia notable entre una fecha y otra con relación a la afección por niveles freáticos.

La determinación de los sectores que necesitan instalación de drenaje se debe hacer al analizar la fluctuación del nivel freático bajo la influencia de las recargas más importantes existentes en la zona, por ejemplo las lluvias, riegos, elevación del nivel de ríos o zanjones, etc.

En la Figura 5 se presentan dos mapas de isobatas elaborados con base en los datos de niveles freáticos correspondiente a los meses lluviosos junio de 2002 y junio de 2003. El mapa de junio de 2002 representa la afección detectada antes de aplicar recomendaciones de construcción de drenajes nuevos y mantenimiento de

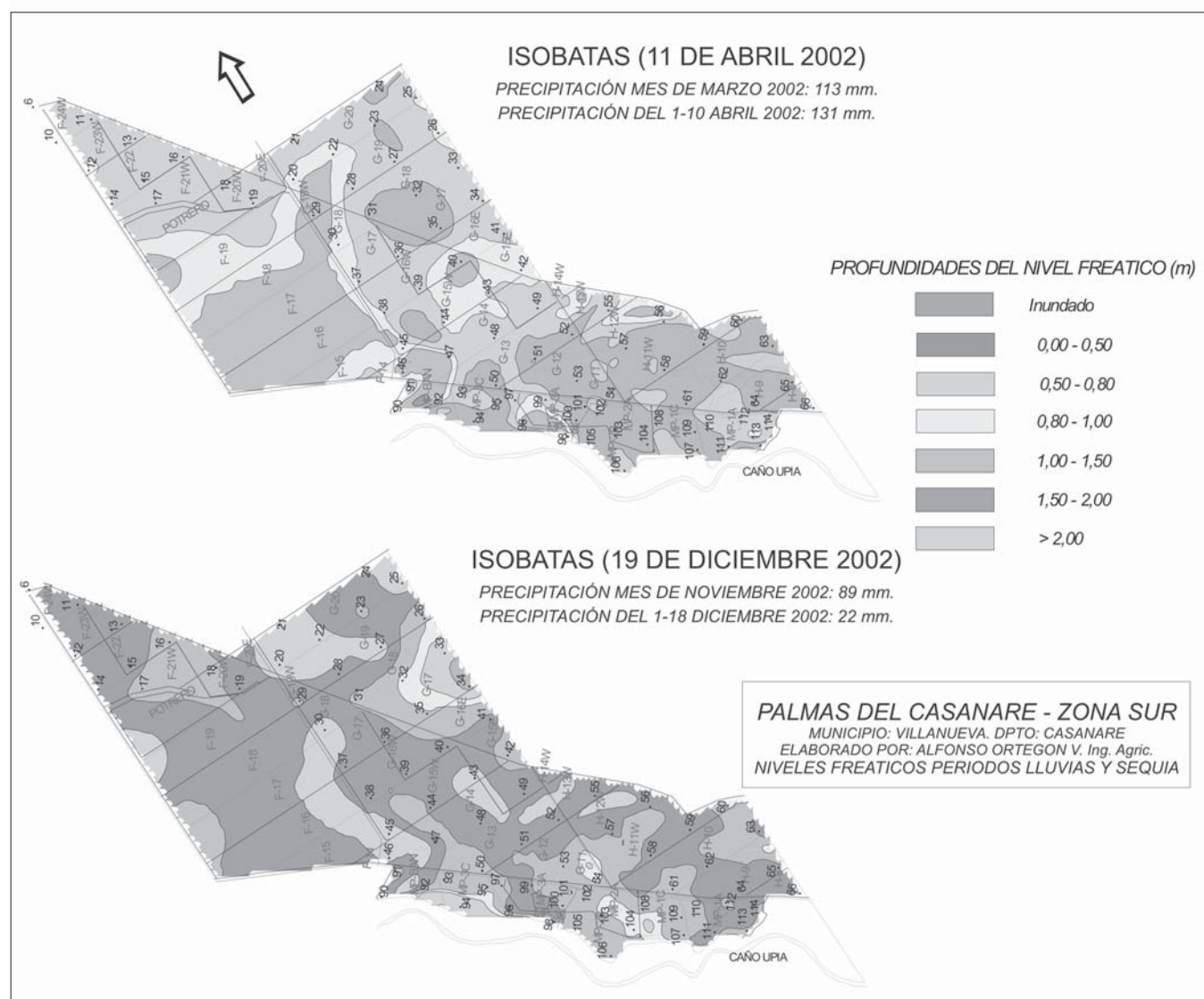


Figura 4 Estudio de drenaje agrícola

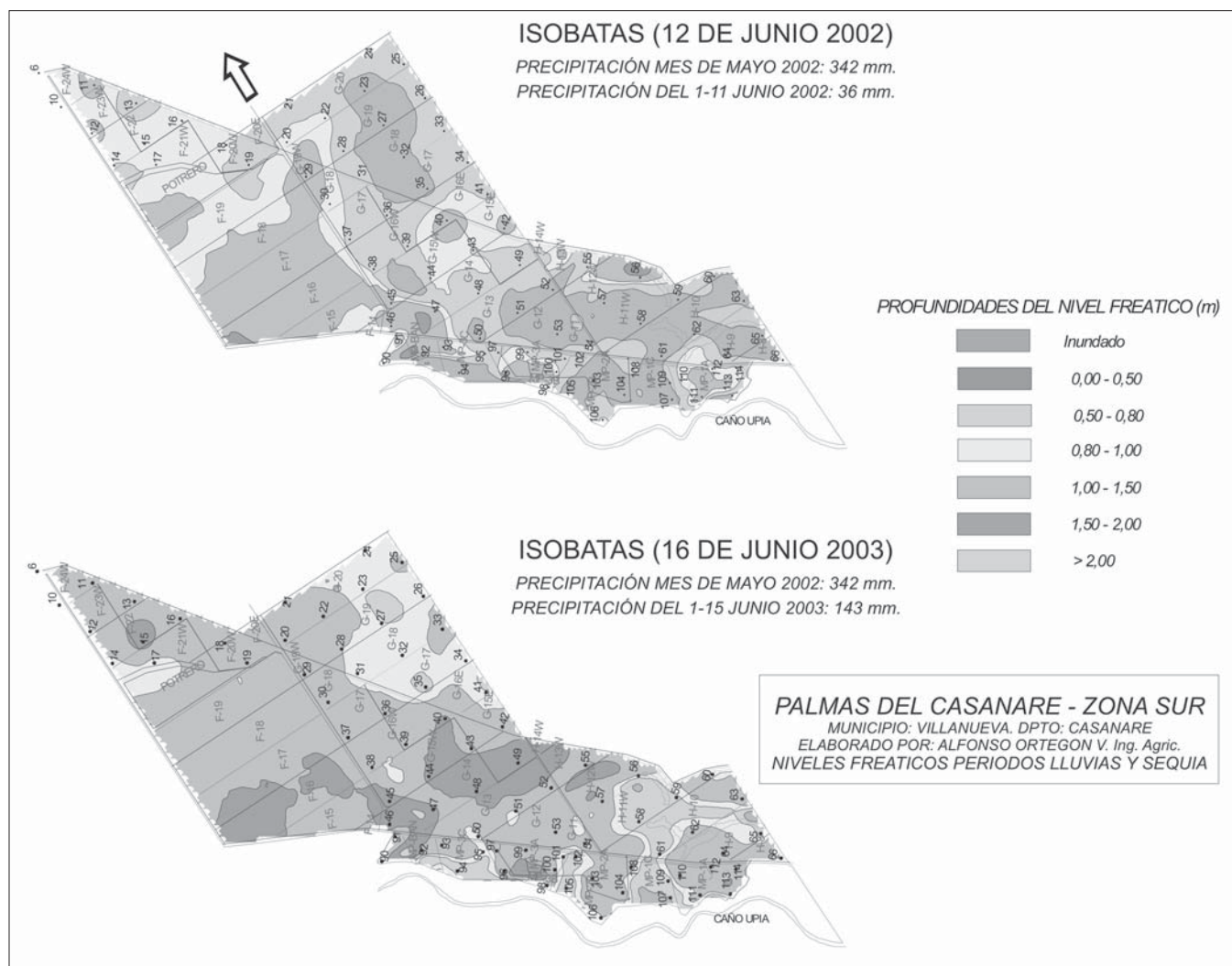


Figura 5 Estudio de drenaje agrícola

existentes y el mapa de junio de 2003 muestra la situación después de la aplicación de las recomendaciones presentadas en un informe de avance. Se aprecia claramente al comparar los dos mapas que el abatimiento del nivel freático, inducido por el mejoramiento del sistema de drenaje, es notable teniendo en cuenta que el total de lluvias durante la primera quincena de junio de 2003 fue mucho mayor (143 mm) que las lluvias ocurridas durante los primeros 11 días de junio de 2002 (38 mm). Estos resultados han servido de base para recomendaciones en otras áreas de la plantación con problemas similares.

Hidrogramas del nivel freático. En la Figura 6 se presentan hidrogramas del nivel freático para

varios freáticos del mismo predio. Esta figura contiene:

- Las variaciones del nivel freático con respecto al tiempo para los freáticos indicados
- La precipitación semanal por medio de barras, de acuerdo a los registros tomados en el pluviómetro de la hacienda.

Esta figura permite correlacionar la influencia de recargas existentes en el predio con las fluctuaciones del nivel freático.

Calidad del agua

En predios ubicados en zonas caracterizadas como salinas o si se sospecha la existencia de

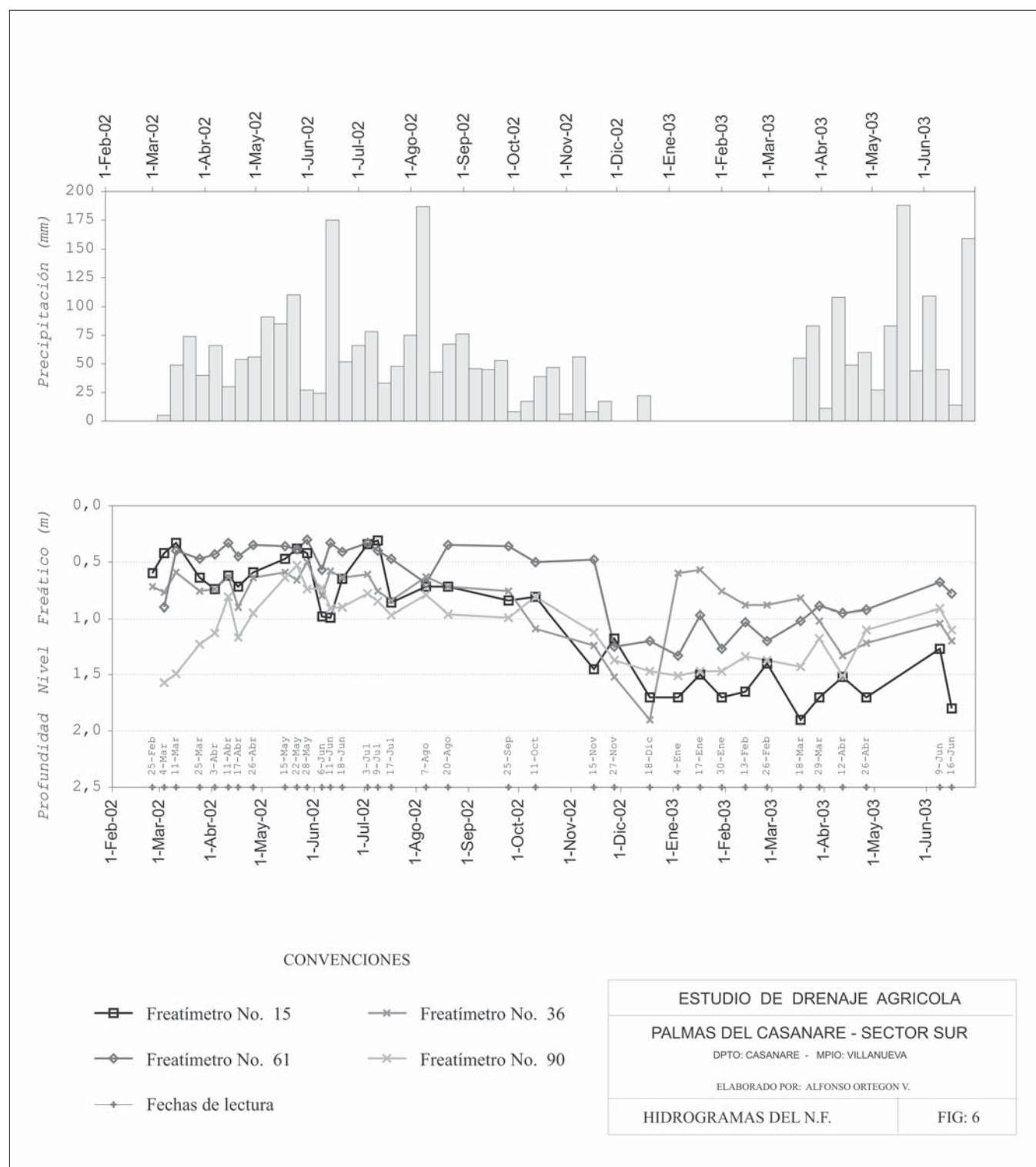


Figura 6 Estudio de drenaje agrícola

contenidos altos de sales en el suelo o en las aguas superficiales o subterráneas, se deben tomar muestras de suelos y agua para enviar al laboratorio.

En el caso del agua el muestreo se debe realizar a todas las fuentes de riego y al agua de drenaje (canales y agua freática), el análisis de agua debe reportar al menos resultados de conductividad eléctrica (CE) y de relación de adsorción de sodio (RAS).

Salinidad del suelo

El muestreo se debe apoyar en los estudios de suelos existentes y en las descripciones estratigráficas realizadas. Las muestras se deben tomar por horizontes, intensificando en el horizonte superficial y en sectores identificados durante el reconocimiento como probablemente salinos.

Los análisis de suelos deben reportar al menos los valores de pH, contenidos de bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico, sodio soluble y conductividad eléctrica del extracto de saturación.

Diseño del sistema de drenaje

Un buen diagnóstico del problema de drenaje y salinidad permite determinar:

- Sectores afectados por niveles freáticos superficiales
- Sectores sometidos a inundaciones o encharcamientos prolongados
- Sectores afectados por salinidad
- Factores determinantes que originan o agudizan los problemas detectados
- Recomendaciones encaminadas a solucionar los problemas detectados.

El diseño del sistema de drenaje a recomendar debe incluir los siguientes puntos:

- **Sistema de drenaje a instalar:** abierto, entubado o mixto. Este punto depende de las características del suelo y en gran medida de los recursos económicos disponibles. El costo de instalación de un sistema de drenaje entubado es aproximadamente tres veces el

de un sistema abierto. El sistema más utilizado en caña de azúcar es el mixto, consistente en drenajes colectores abiertos y drenes laterales entubados. En palma de aceite se utiliza el sistema con canales abiertos.

- **Espaciamiento entre drenes para control del nivel freático.** La teoría del drenaje comenzó a desarrollarse en el año 1936 con la ecuación de Hooghoudt. Todas las ecuaciones matemáticas utilizadas en el cálculo de las separaciones entre drenes involucran las características del suelo, la recarga y los requerimientos del cultivo.
- **La profundidad, diámetro y pendiente de los drenes recomendados.** La profundidad de los drenajes depende básicamente del abatimiento que se busca lograr en el nivel freático. Para caña generalmente los colectores se construyen con profundidades entre 1,80 y 2,00 metros y los drenes laterales entre 1,40 y 1,60 metros. La pendiente de los drenes está ligada a las pendientes del terreno, no se recomiendan pendientes menores de 0,1%. El diámetro de los drenes entubados depende de la pendiente y de los caudales a evacuar.
- **Determinación de los caudales a evacuar,** especialmente en caso de que la evacuación se deba hacer por bombeo. El caudal evacuado por un dren está en función del área de influencia o separación entre drenes y de la pendiente de su rasante.

Evaluación técnica de sistemas de drenaje instalados

En el diseño de sistemas de drenaje se utilizan ecuaciones para realizar los cálculos de espaciamiento entre drenes, para determinar los caudales a evacuar y los diámetros de los drenes entubados. Tales ecuaciones se basan en modelos simplificados de una realidad muy compleja; el acuífero por el que circula el agua no es homogéneo ni está formado por dos estratos bien delimitados como se supone en las ecuaciones, especialmente en las llanuras aluviales donde los suelos son muy estratificados no es raro que la conductividad hidráulica presente amplias variaciones, la infiltración y la

porosidad drenable varía con los cambios de textura y estructura del suelo, igualmente ocurre con las recargas del depósito freático como consecuencia de las pérdidas de agua de riego y de la lluvia.

Evaluaciones en el campo de sistemas de drenaje instalados permitirán hacer ajustes en los cálculos realizados por medio de ecuaciones. Un plan de ensayos debe proporcionar en un plazo breve la siguiente información:

- Comprobación del funcionamiento de las tuberías de drenaje y del abatimiento del nivel freático inducido por las profundidades y distancias entre líneas de drenes
- Datos promedios de las características hidrológicas del suelo, tales como la conductividad hidráulica y la porosidad drenable; lo cual es más confiable en comparación con valores determinados mediante muestras de laboratorio.

Evaluación económica de sistemas de drenaje instalados

A pesar de que en el Valle del Cauca se instalan drenajes entubados desde hace aproximadamente 25 años, aún no existen evaluaciones económicas que permitan establecer la rentabilidad de los proyectos.

Sin embargo se han comparado en varios predios y durante varios cortes las producciones de caña de azúcar antes y después de la instalación del drenaje.

Ortegón (CVC) en el año 1988 reporta para varias suertes de las haciendas La Alhaja (Palmira)

incrementos en la producción al comparar tres cortes antes y después del drenaje del orden del 70%; para la hacienda La Trinidad (Bugalagrande) incrementos del 40% y para la hacienda San José (Palmira) incrementos entre el 15 y el 80%.

Univalle-Cenicaña reporta en el año 1998 incrementos promedios del 20% en 25 suertes durante 14 cortes en Meléndez S.A.

Cruz (Cenicaña) en el año 2000 reporta en un predio del Ingenio La Cabaña incrementos del 80% en dos cortes para drenes instalados a dos profundidades en forma alterna e incrementos del 30% para sistema tradicional de drenaje a una profundidad.

Estos datos muestran respuesta de la producción de caña al abatimiento del nivel freático. 🌴

Bibliografía

- ASOCIA. 1988. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos.
- CENICAÑA. 2000. Informe abril a junio, Nuevas opciones de drenaje en los campos.
- PIZARRO, F. 1978. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. Editora Agrícola Española S.A.
- FAO, 1976. Ensayos de drenaje, Estudio FAO: Riego y Drenaje.
- ILRI, 1978. Principios y aplicaciones del drenaje, v.I, cap.4.
- ORTEGÓN, A. 1988. Evaluación sistemas de drenaje haciendas Miraflores y La Trinidad, Informe CVC.
- ORTEGÓN, A. 2003. Informe de avance Estudio de Drenaje Plantación Palmas del Casanare.